# بهسازی تصاویر با تکیه بر اطّلاعات گاما

حمید حسن‌پور و سکینه اسدی امیری
دانشکدهٔ کامپیوتر و فناوری اطّلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده:

**در این مقاله روش خودکار جدیدی برای بهبود روشنایی تصویر با تکیه بر اصلاح گاما ارائه شده است. اغلب در روش‌های موجود، اصلاح گاما، ضریب گاما به‌طور یکنواخت در تمام قسمت‌های یک تصویر تغییر می‌یابد. از آنجایی که تغییرات گاما در تصویر ممکن است به‌صورت غیرخطی انجام گرفته باشد، در این مقاله اصلاح گاما به‌صورت محلی انجام می‌گیرد. این روش گاماهای مناسب را برای ناحیه‌های مختلف از یک تصویر با استفاده از شبکه‌عصبی پرسپترون چند لایه تخمین می‌زند. بدین‌صورت که ابتدا تعدادی تصویر با گاماهای مشخص را پنجره‌گذاری کرده و دو ویژگی میانگین و بافت تصویر که به ترتیب مرتبط با میزان روشنایی و شدّت نور تصویر می‌باشد را از هر پنجره برای آموزش شبکهٔ‌عصبی استخراج می‌نماید. به‌همین ترتیب پنجره‌گذاری و استخراج ویژگی را برای تصویر جدید (تصویری که نیاز به اصلاح گاما دارد) نیز انجام می‌دهد. سپس بردار ویژگی به‌دست آمده از هر پنجره را به شبکهٔ‌عصبی آموزش داده شده، اعمال می‌نماید تا گامای مناسب برای هر پنجره از تصویر جدید تخمین زده شود. در استفاده از این روش، برخلاف روش‌های موجود، چنانچه بخشی از یک تصویر دارای گامای مناسبی باشد، تغییری در شدّت روشنایی آن قسمت انجام نمی‌گیرد. در این مقاله، به‌منظور ارزیابی کیفیت تصویر از معیارهای کیفی و کمّی استفاده شده است. نتایج حاصل از این معیارها بر روی تصاویر مختلف نشان می‌دهند که روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌ها عملکرد مناسب‌تری دارد.**

**واژگان کلیدی: استخراج ویژگی، اصلاح گاما، بهبود روشنایی تصویر، شبکه عصبی، معیار ارزیابی کیفیت تصویر.**

## ۱- مقدمه

به علّت اهمیتی که پردازش تصویر در زمینه‌های مختلف ایفا می‌کند، استفاده از روش‌های به‌سازی تصویر[1] ضروری به نظر می‌رسد و اخیراً توجّه بسیاری از محقّقان را به خود جلب نموده است. بیشتر کارهایی که در زمینه به‌سازی تصویر انجام شده است، مربوط به حذف نویز[2] *(Pizurica, 2006; Schulte, 2007)* و رفع اثر بلورینگ[3] *(Money, 2008; Fu, 2006)* می‌باشد. برخلاف اینکه بهبود روشنایی تصویر به عنوان یکی از پیش‌پردازش‌های[4] مهم محسوب می‌شود این موضوع کمتر مورد بررسی قرار گرفته است*(Nam, 2004)*. برای مثال با تغییر نور صحنه از یک محیط به محیط دیگر، بسیاری از الگوریتم‌های ردیابی اشیا[5] با شکست مواجه می‌شوند. همچنین در سیستم‌های تشخیص چهره[6]، تغییر نور تصویر ممکن است منجر به عدم شناسایی صحیح شخص شود *(Shi, 2007)*. از این‌رو، بهبود روشنایی تصویر در بسیاری از کاربردها ضروری به‌نظر می‌رسد.

عوامل مختلفی وجود دارند که بر روشنایی تصویر تأثیر نامطلوبی می‌گذارند از جمله بسیاری از دستگاه‌های تصویربرداری به دلیل مشکلات فنی قادر به نمایش محدودهٔ رنگ قابل مشاهده توسط چشم انسان نیستند؛ بدین‌گونه که محدودهٔ رنگ کمتری را نمایش می‌دهند، درنتیجه برخی از جزئیات تصویر از بین می‌روند*(Aggarwal, 2001)*. علاوه‌بر

[1] Image Enhancement
[2] Denoising
[3] Deblurring
[4] Preprocessing
[5] Object Tracking
[6] Face Recognition



[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]

این، به علّت ضعف دوربین‌ها در پیاده‌سازی ساختار چشم انسان برای نمایش بافت و عمق اشیای مختلف موجود در تصویر و همچنین شرایط مختلف محیطی همانند برخورد هر گونه نور ناخواسته به لنز دوربین نیز اثرات مخربی بر روی روشنایی تصویر ایجاد می‌کنند که سبب می‌شوند تصاویر، روشنایی مطلوب را نداشته باشند.

این مقاله از اصلاح گاما[1] جهت بهبود روشنایی تصویر استفاده نموده است. شکل ۱ نمونه‌ای از تصویر اولیه و تصویر بهبودیافته به روش اصلاح گامای پیشنهادی را نشان می‌دهد.



**الف)تصویر اولیه ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی**

**(شکل۱): بهبود روشنایی تصویر به روش اصلاح گامای پیشنهادی.**

تعداد معدودی مقاله در زمینه تصحیح خودکار روشنایی تصویر با اصلاح گاما وجود دارد *(Shi, 2007, Farid,2001; Moroney, 2000; FarshbafDoustar, 2010)*. در مقالهٔ *(Farid,2001)*، گاماهای مشخصی از محدوده ۰/۱ تا ۳ (به فاصله ۰/۱) به تصویر اولیه اعمال می‌شود از این‌رو به‌ازای هر گامای اعمالی، تصویر جدیدی با روشنایی متفاوت حاصل می‌شود. در هر مرحله از این روش، هر یک از این تصاویر به پنجره‌هایی به ابعاد ۱۲۸×۱۲۸ تقسیم می‌شود و برای هر پنجره ضریب همبستگی درجات بالا[2] در حوزهٔ فرکانس محاسبه می‌گردد. براساس این روش، مناسب‌ترین گاما برای هر پنجره گامایی خواهد بود که به ازای آن ضریب همبستگی درجات بالا به حداقل رسیده باشد (نقطهٔ کمینه باشد). سرانجام با میانگین گرفتن از این کمینه گاماهای به‌دست آمده به ازای هر پنجره، یک گاما برای کل تصویر به‌دست می‌آید. در این مقاله میزان خطا برای تشخیص مقدار گاما ۷/۵ ٪ گزارش شده است.

یکی از اشکالات روش فوق، اعمال یک گاما به کل تصویر می‌باشد. در این روش بسته به مقدار گاما، تمام نواحی تصویر به یک میزان روشن و یا تیره می‌شوند. برای رفع این مشکل باید از اصلاح گاما به‌صورت محلی استفاده کرد بدین معنی که تنها برخی از نواحی تصویر را که نیاز به‌اصلاح دارند با توجّه به اطّلاعات همان محل اصلاح نمود. در این زمینه می‌توان به مقالات *(Shi, 2007; Moroney, 2000)* اشاره کرد که به اصلاح گامای محلی پرداخته‌اند. هدف این دو مقاله روشن‌کردن (تیره‌کردن) تمام نواحی تیره (روشن) موجود در تصویر و اعمال تغییر ناچیز به پیکسل‌های با سطح خاکستری میانی (سطح خاکستری ۱۰۰ تا ۱۵۰) می‌باشد. اشکالی که می‌توان به این دیدگاه گرفت این است که حتی نواحی تیره و یا روشن را در تصویر، که به ماهیت آن تصویر مربوط می‌شوند نیز تغییر می‌دهند.

در این مقاله تکنیک خودکار جدیدی با استفاده از شبکهٔعصبی پرسپترون چندلایه جهت اصلاح محلی گاما به‌منظور بهبود روشنایی تصویر ارائه شده است که مشکلات فوق را برطرف می‌نماید. در این روش پایگاه داده‌ای از تصاویر با روشنایی متفاوت توسط دوازده گامای مشخص ایجاد می‌نماییم. به‌منظور اصلاح محلی تصویر، هر یک از تصاویر موجود در پایگاه داده را به پنجره‌های هم‌پوشان تقسیم‌بندی می‌کنیم. دو ویژگی میانگین و بافت[3] تصویر که به ترتیب مرتبط با میزان روشنایی و شدّت نور تصویر می‌باشد را از هر پنجره برای آموزش شبکهٔعصبی استخراج می‌نماییم. این پنجره‌گذاری و استخراج ویژگی را برای تصویر جدید (تصویری که نیاز به اصلاح گاما دارد) نیز انجام داده و با توجّه به شبکهٔعصبی آموزش داده شده، گامای مناسب برای هر پنجره از تصویر جدید به‌دست می‌آید و می‌توان با توجّه به این مقادیر، روشنایی تصویر را به‌صورت محلی بهبود داد. نتایج حاصل از این روش بر روی تصاویر مختلف نشان می‌دهند که روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌ها عملکرد مناسب‌تری دارد.

## ۲- اصلاح گاما

بسیاری از دستگاه‌هایی که برای گرفتن تصویر، چاپ یا نمایش آن به‌کار می‌روند به‌علّت وجود محدودیت‌های فنی تبدیلی معروف به "قانون توانی[4]" را بر روی مقدار روشنایی پیکسل‌های تصویر اعمال می‌کنند که به‌صورت عبارت توانی زیر تعریف می‌شود *(FarshbafDoustar, 2010)*:

$$s = r^{\gamma} \qquad (۱)$$

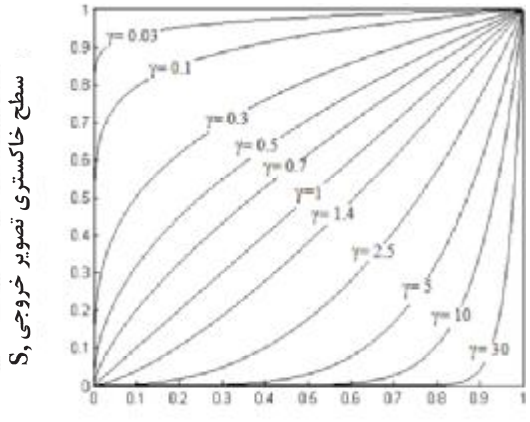
در رابطهٔ بالا، r بیان‌گر میزان روشنایی پیکسل‌های تصویر ورودی در بازه‌ی [۱...۰] و s میزان روشنایی

[1] Gamma Correction
[2] . Higher Order Correlation
[3] Texture
[4] Power low



[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]

پیکسل‌های تصویر خروجی است. توان موجود در معادلهٔ بالا را گاما و فرآیندی را که برای تصحیح این پدیده انتقال، انجام می‌گیرد "اصلاح گاما" می‌گویند. درواقع اصلاح گاما نام یک عملیات غیرخطی است که منجر به بهبود روشنایی تصویر می‌شود. همان‌طور که در (شکل ۲) نشان داده شده است اگر $\gamma<1$ باشد تصویر روشن‌تر، برای $\gamma>1$ تصویر تیره‌تر می‌شود و به‌ازای $\gamma=1$ تغییری در کیفیت تصویر ایجاد نمی‌گردد.




**(شکل ۲): نمودار تغییر شدت روشنایی پیکسل‌ها به‌ازای مقادیر مختلف گاما (Gonzalez, 2002).**

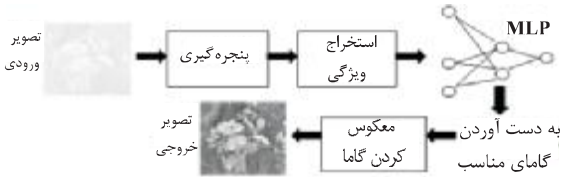
برای مواردی که مقدار گامای اعمال شده به تصویر معلوم باشد با اعمال معکوس مقدار گاما به تک‌تک پیکسل‌های تصویر، تصویر اولیه حاصل می‌شود (معادله ۲).

$$r = s^{\frac{1}{\gamma}} \qquad (۲)$$

ولی در بسیاری از موارد، گامای اعمال شده به تصویر مشخص نمی‌باشد و به این سادگی نمی‌توان تنها با معکوس کردن گاما و اعمال آن، به تصویر اولیه برسیم.

به‌طور معمول برای محاسبه مقدار گامای دستگاه، ابتدا تعدادی تصویر مشخص به آن اعمال می‌گردند و سپس با مقایسهٔ روشنایی پیکسل‌های تصاویر به‌دست آمده از دستگاه با تصاویر ورودی، مقدار گامای دستگاه به‌دست می‌آید. امروزه شرکت‌های سازندهٔ دستگاه‌های تصویربرداری و نمایش تصویر به کمک این روش مقدار گامای دستگاه خود را با تقریب مناسب محاسبه و سپس با اعمال رابطهٔ (۲) بر روی هر تصویر سعی می‌کنند که اثر گاما را خنثی نمایند.

در به‌کارگیری از این روش برای اصلاح گاما دو مشکل ممکن است وجود داشته باشد. اوّل آن‌که دستگاه تصویربرداری در دسترس نباشد، همانند تصاویری که از وب دانلود می‌کنیم *(Farid, 2001)*. دوم آنکه، همان‌طور که اشاره شد علاوه‌بر مشکلات فنی این‌گونه دستگاه‌ها، تصاویر مختلف همواره تحت شرایط مختلف محیطی دچار اختلالاتی در روشنایی برخی از قسمت‌های تصویر می‌گردند. از این‌رو باید به‌صورت محلی برای نواحی مختلف گاماهای مناسب را پیدا کرد و تصویر را بهبود داد.




**(شکل ۳): شمای کلی روش پیشنهادی**

## ۳- روش پیشنهادی

همان‌طور که گفته شد این روش از شبکهٔ‌عصبی پرسپترون چندلایه برای تقریب مقادیر گاما جهت بهبود روشنایی تصویر استفاده می‌کند. شمای کلی این روش در (شکل ۳) نشان داده شده است. روش پیشنهادی از سه مرحله تشکیل شده که به تفسیر در قسمت‌های زیر توضیح داده شده است.

### ۳-۱- ایجاد تصاویر پایگاه داده

برای پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی پایگاه داده‌ای از تصاویر با میزان گاماهای مشخص نیاز داریم. برای این منظور، از نُه تصویر استاندارد در ابعاد ۲۵۶×۲۵۶ استفاده کردیم که در (شکل ۴) نشان داده شده است. برای کارآیی مطلوب‌تر در انتخاب این تصاویر بهتر است که از تصاویر متنوعی (نظیر تصاویر انسان، حیوان و طبیعت) استفاده شود. طبق معادلهٔ (۱) به هر یک از این تصاویر گاماهای ۰٫۲ تا ۲٫۴ با گام ۰٫۲ اعمال می‌کنیم.

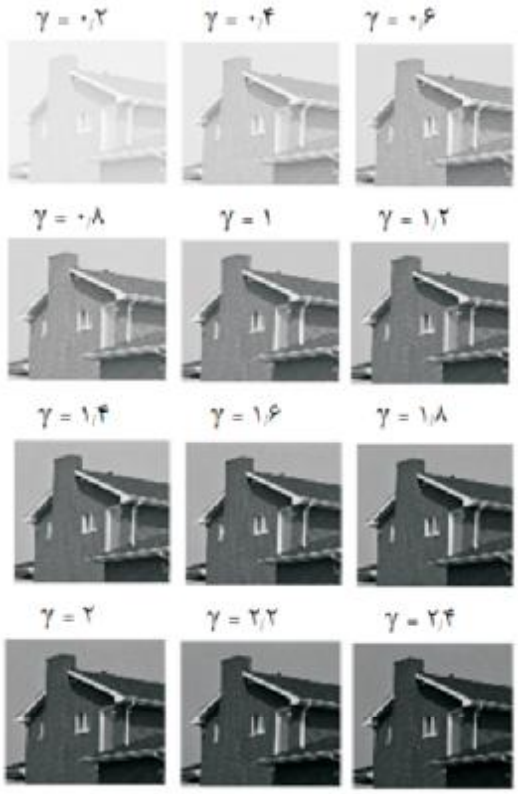


**(شکل۴): نمونه‌ای از تصاویر استاندارد با روشنایی مناسب.**



[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]

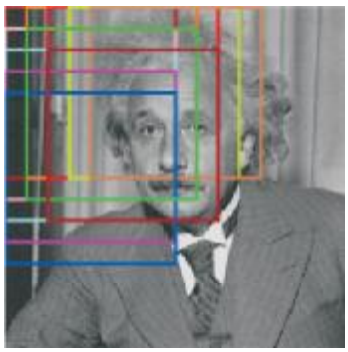
در نتیجه به‌ازای هر تصویر، دوازده تصویر با روشنایی‌های مختلف به‌دست می‌آید (شکل۵). از این‌رو پایگاه داده‌ای شامل صد و هشت تصویر با دوازده کلاس از مقادیر متفاوت گاما ایجاد می‌شود که نُه تصویر برای هر کلاس وجود دارد.




**(شکل۵): ایجاد دوازده کلاس از تصویر با مقادیرگامای مختلف به یک نمونه از تصاویر موجود در (شکل۴).**

## ۳-۲- استخراج ویژگی برای آموزش شبکهٔ‌عصبی

به‌منظور اصلاح محلی تصویر، هریک از تصاویر موجود در پایگاه داده را به پنجره‌هایی در ابعاد ۱۲۸×۱۲۸ تقسیم می‌کنیم، به‌طوری که هر پنجره با پنجره‌های مجاور خود حدود هشتاد درصد هم‌پوشانی داشته باشد. به‌ازای هر تصویر، هشتاد و یک پنجره ایجاد می‌شود که می‌توان گفت هفتصد و بیست و نه پنجره برای هر کلاس از مقادیر گاما به وجود می‌آید. اگر ابعاد پنجره، کوچک‌تر از این در نظر گرفته شوند، تا حدّی کیفیت تصویر بهبود بهتری می‌یابد، ولی موجب کندی الگوریتم می‌شود. از این‌رو برای توازن بین سرعت و دقّت در این مقاله ابعاد پنجره ۱۲۸×۱۲۸ در نظرگرفته شده است. نمونه‌ای از این پنجره‌گذاری در (شکل ۶) نشان داده شده است.



**(شکل۶): تقسیم تصویر به پنجره‌هایی در ابعاد ۱۲۸×۱۲۸ با صد و دوازده پیکسل هم‌پوشان با پنجره‌های مجاور.**

ویژگی‌های به‌کار رفته در این روش مرتبط با دو عامل روشنایی و بافت تصویر می‌باشند، که در هر یک از پنجره‌های مربوطه به‌طور جداگانه محاسبه می‌شوند.

میانگین پیکسل‌ها را برای هر پنجره محاسبه کرده و آن را به‌عنوان ویژگی اول که مبین میزان روشنایی پنجره می‌باشد در نظر می‌گیریم. در [شکل۷ (پ)] هیستوگرام تصاویر حاوی سه گامای مختلف نشان داده شده است. این هیستوگرام‌ها نشان می‌دهند اگر تصویر روشن باشد هیستوگرام آن متمایل به راست و برای تصویر تیره هیستوگرام متمایل به چپ و هیستوگرام تصویر استاندارد (با روشنایی مناسب) متمایل به نواحی میانی می‌باشد. بر این اساس از مشخصه میانگین تصویر که مبین هیستوگرام می‌باشد، جهت اصلاح محلی گاما به‌منظور بهبود روشنایی تصویر استفاده کردیم. علاوه‌بر ویژگی میانگین، برای بهبود وضوح تصویر از ویژگی بافت تصویر استفاده کردیم. برای مشخص کردن بافت تصویر از مدل ارائه شده در *(Huiyan, 2008)* استفاده کردن. در این مدل، تصویر x به پنجره‌هایی در ابعاد 2L+1 × 2L+1 تقسیم می‌شود و به‌ازای هر پنجره طبق رابطهٔ (۴) میانگین محلی محاسبه شده و با استفاده از معادلهٔ (۳) ماتریس بافت تصویر ایجاد می‌شود.

$$M_T = \left| x(i,j) - \bar{x}(i,j) \right| \qquad (۱۳)$$

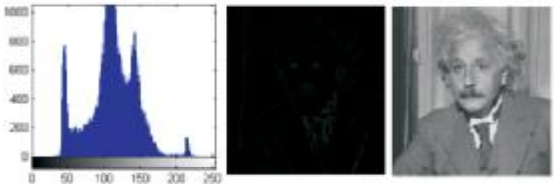
$$\bar{x}(i,j) = \frac{2}{(2L+1)^2} \sum_{k=-L}^{L} \sum_{l=-L}^{L} x(i+k, j+l) \qquad (۱۴)$$

در [شکل ۷ (ب)] نشان دادیم، تصاویر تیره و یا روشن ماتریس بافت دقیقی ندارند و بسیاری از جزییات تصویر در آنها مشخّص نمی‌باشند درصورتی‌که تصاویر استاندارد (با روشنایی مناسب) دارای ماتریس بافت دقیقی می‌باشند و جزئیات زیادی در آن مشخص می‌باشند.

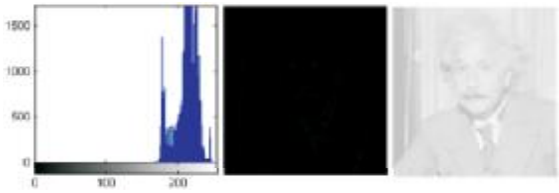


[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]

برای محاسبه بافت هر پنجره از تصویر، آن را به پنجره‌هایی در ابعاد ۳×۳ تقسیم نموده و طبق معادلات (۳) و (۴) ماسک بافت هر پنجره را محاسبه می‌کنیم. هر چه ابعاد پنجره کوچک‌تر در نظر گرفته شود، ماتریس بافت دقیق‌تری به‌دست می‌آید. جمع مقادیر این ماسک را به‌عنوان ویژگی دوم درنظر می‌گیریم. این دو ویژگی را برای تمامی پنجره‌های ایجاد شده از تصاویر پایگاه داده استخراج می‌نماییم. این بردارهای ویژگی به‌همراه کلاس گامای مشخّص را جهت آموزش به شبکهٔ‌عصبی می‌دهیم. این شبکه از الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و از تابع تبدیل سیگموید استفاده کرده است.



الف)تصویر استاندارد (γ=۱)  ب)بافت تصویر
پ)هیستوگرام تصویر



الف)تصویر روشن (γ=۰.۲)  ب)بافت تصویر
پ)هیستوگرام تصویر



الف)تصویر تیره (γ=۲.۴)  ب)بافت تصویر
پ)هیستوگرام تصویر

**(شکل ۷): این شکل هیستوگرام و ماتریس بافت یک تصویر با سه مقدار گامای متفاوت را نشان می‌دهد.**

## ۳-۳- اصلاح گامای یک تصویر جدید

برای تعیین گاماهای یک تصویر جدید باید همانند تصاویر پایگاه داده، تصویر را به پنجره‌های هم‌پوشان تقسیم و ویژگی‌های ذکر شده را برای هر پنجره از این تصویر محاسبه کرد. جهت تعیین مقدار گامای هر پنجره از تصویر جدید، بردار ویژگی به‌دست آمده از هر پنجره را به شبکهٔ‌عصبی آموزش داده شده می‌دهیم تا یکی از دوازده مقدار گاما را تقریب زند. به‌علّت وجود پنجره‌های هم‌پوشان ممکن است به‌ازای هر پیکسل چندین مقدار گاما به‌دست آید که با میانگین‌گرفتن از این مقادیر، مقدار گامای واقعی برای هر پیکسل به‌دست می‌آید. از این‌رو به‌ازای هر پیکسل از تصویر یک گامای مناسب حاصل می‌شود (به‌عبارتی دیگر ماسکی از مقادیر گاما در ابعاد تصویر به‌دست می‌آید). بررسی‌های ما نشان می‌دهند که استفاده از میانگین گاماهای پنجره‌های هم‌پوشان، مناسب‌ترین گاما برای بهبود روشنایی پیکسل‌ها و در نتیجه بهبود کیفیت تصویر می‌باشد.

جهت بهبود روشنایی تصویر طبق رابطهٔ (۲)، گامای به‌دست آمده به‌ازای هر پیکسل را به آن اعمال می‌کنیم. نتیجهٔ اصلاح گاما در (شکل ۸) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود اثر بلوکی که ناشی از پنجره‌گذاری می‌باشد، بر روی تصویر اصلاح شده باقی مانده است.



الف) تصویر اولیه  ب)تصویر بهبود یافته

**(شکل ۸): اصلاح گامای تصویر با جاماندن اثر بلوکی.**

برای از بین بردن اثر بلوکی، ماسک به دست آمده از مقادیر گاما را توسط یکی از فیلترهای پایین‌گذر، فیلتر می‌کنیم که در این مقاله از فیلتر میانگین استفاده شده است (شکل ۹) .



**(شکل ۹): اصلاح گامای تصویر براساس روش پیشنهادی و از بین بردن اثر بلوکی.**

## ۴- معیار ارزیابی کیفیت تصویر

معیار ارزیابی کیفیت تصویر[1]، برای نشان‌دادن بهبود کیفیت تصویر ضروری است. از دو روش کیفی[2] و کمی[3] می‌توان برای ارزیابی کیفیت تصویر استفاده کرد. در روش کیفی، انسان

[1] Image Quality Assessment
[2] Subjective
[3] Objective



[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]

کیفیت تصویر را ارزیابی می‌کند. از آنجایی‌که انسان دریافت کنندهٔ نهایی تصویر می‌باشد، رضایت انسان از تصویر، نقش مهمی در ارزیابی تصویر دارد. با وجود اینکه این روش قابل اعتماد و دقیق می‌باشد، ولی وقت‌گیر و پرهزینه است و درنتیجه برای کاربردهای بلادرنگ، قابل اجرا نمی‌باشد. از این‌رو روش‌های خودکاری برای ارزیابی کیفیت تصویر، مورد نیاز هستند که بتوانند کیفیت تصویر را به‌گونه‌ای محاسبه نمایند که نزدیک به معیار تشخیص کیفی باشد. این روش‌ها به‌عنوان روش‌های کمّی نام برده می‌شوند. در این مقاله از هر دو معیار کیفی و کمی برای بررسی و ارزیابی عملکرد پیشنهادی استفاده شده است.

همان‌طور که اشاره شد، هدف تشخیص کیفیت به‌صورت کمی، طراحی روش‌های محاسباتی است که بتوانند کیفیت تصویر را به‌صورت دقیق و خودکار بیان کنند. MSE و PSNR دو مورد از روش‌های موجود ارزیابی تصویر به صورت کمی می‌باشند. در این معیارها به‌واسطهٔ آنکه، سیستم بینایی انسان[1] مورد توجه قرار نمی‌گیرند، درعمل تمامی پیکسل‌ها نقش یکسانی پیدا می‌کنند، درحالی‌که مقادیر پیکسل‌ها بسته به موقعیت آنها در تصویر، تأثیرات متفاوتی را بر روی چشم انسان ایجاد می‌کنند.

با توجّه به این مشکلات، روش‌های متفاوتی در زمینهٔ بهبود پارامترهای تشخیص براساس میزان تأثیر در سیستم بینایی انسان مطرح شده‌اند. یکی از روش‌های سنجش کیفیت، معیار شباهت ساختاری یا SSIM می‌باشد *(Wang, 2004)*.

این معیار ترکیبی از سه معیار مختلف می‌باشد. اگر x و y به‌ترتیب تصویر اصلی و تصویر تخمینی باشد، این معیار بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$SSIM = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2xy}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = s(x,y) \cdot l(x,y) \cdot c(x,y) \qquad (۱۵)$$

در این معادله $\bar{X}$ میانگین، $\sigma_x$ انحراف معیار تصویر x و $\bar{Y}$ میانگین، $\sigma_y$ انحراف معیار تصویر y می‌باشند که در ادامه نشان داده شده است:

$$\bar{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \quad , \bar{Y} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i \qquad (۶)$$

$$\sigma^2{}_x = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{X})^2 \qquad (۷)$$

$$\sigma^2{}_y = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{Y})^2 \qquad (۸)$$

$$\sigma^2{}_{xy} = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y}) \qquad (۹)$$

محدودهٔ SSIM بین (۱+و ۰) می‌باشد. هر چه مقدار اندازه‌گیری‌شده برای یک تصویر به یک نزدیک‌تر باشد، تصویر دارای کیفیت بهتری می‌باشد. همان‌طور که اشاره شد، معیار SSIM ترکیب سه معیار ارزیابی تصویر می‌باشد که می‌توان آنها را به‌صورت زیر شرح داد.

ترکیب اوّل ضریب همبستگی بین دو تصویر x , y می‌باشد که وابستگی خطی بین دو تصویر را نشان می‌دهد. ترکیب دوم تابع روشنایی می‌باشد، که متوسط روشنایی بین دو تصویر را اندازه‌گیری می‌کند. ترکیب سوم تابع شدّت نور نامیده می‌شود که چگونگی شباهت بین تصاویر را نمایش می‌دهد.

## ۵- نتایج تجربی

همان‌طور که درقبل توضیح داده شد، به‌منظور بهبود روشنایی تصویر از شبکه‌عصبی پرسپترون چندلایه استفاده شده است. در این مقاله از هر دو معیار کیفی و کمّی برای بررسی و ارزیابی عملکرد پیشنهادی استفاده شده است. چند نمونه از نتایج حاصل از بهبود روشنایی تصویر در (شکل‌های ۱۰ تا ۱۴) آورده شده است و با روش‌های ارائه شده در مراجع *(Shi, 2007; Farid, 2001)* مقایسه شده‌اند. این نتایج به‌صورت کیفی نشان می‌دهند که روش پیشنهادی به میزان قابل توجهی روشنایی تصویر را بهبود می‌بخشد و عملکرد آن به‌مراتب بهتر از روش‌های موجود می‌باشد.

همچنین به‌منظور ارزیابی کمّی کیفیت تصویر، از معیار شباهت ساختاری استفاده شده است. در به‌کارگیری این معیار کمّی، مجموعه‌ای از تصاویر استاندارد که در اغلب کاربردهای پردازش تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند، استفاده شده است. ابتدا روشنایی تصاویر مرجع را با گاماهای متفاوت تغییر داده‌ایم، سپس با استفاده از روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در *(Shi, 2007; Farid, 2001)* به‌طور جداگانه اصلاح کردیم تا عملکرد هر یک مورد ارزیابی قرار گیرد. دو نمونه از نتایج ارزیابی کمّی این تصاویر در (شکل‌های ۱۵و ۱۶) نشان داده شده است. این نتایج ارزیابی کمی نه تنها بیانگر برتری روش پیشنهادی نسبت به روش‌های ارائه شده در *(Shi, 2007; Farid, 2001)* می‌باشد، بلکه نشان می‌دهند تصاویر اصلاح شده توسط روش پیشنهادی تا حدّ زیادی شبیه تصاویر مرجع گشته‌اند. (هر چه مقدار SSIM به یک نزدیکتر باشد، نشان‌گر شباهت بیشتر بین دو تصویر می‌باشد.)

[1] Human Visual System



[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]

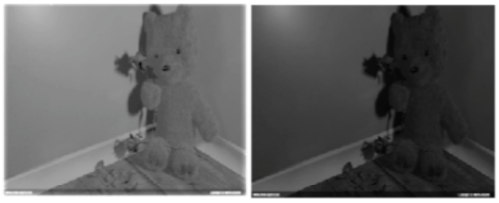


الف)تصویر ورودی ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی



پ)روش پیشنهادی در *(Farid, 2001)*، ت) روش پیشنهادی در *(Shi,2007)*

(شکل ۱۰): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کیفی)، نمونه ۱.



الف)تصویر ورودی ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی



پ)روش پیشنهادی در *(Farid, 2001)*، ت) روش پیشنهادی در *(Shi,2007)*

(شکل۱۱): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کیفی)،نمونه۲.



الف)تصویر ورودی ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی



پ)روش پیشنهادی در *(Farid, 2001)*، ت) روش پیشنهادی در *(Shi,2007)*

(شکل۱۲): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کیفی)، نمونه ۳.



الف)تصویر ورودی ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی



پ)روش پیشنهادی در *(Farid, 2001)*، ت) روش پیشنهادی در *(Shi,2007)*

(شکل ۱۳): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کیفی)، نمونه ۴.



الف)تصویر ورودی ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی



پ)روش پیشنهادی در *(Farid, 2001)*، ت) روش پیشنهادی در *(Shi,2007)*

(شکل۱۴): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کیفی)، نمونه ۵.



الف)تصویر ورودی SSIM=۰/۷۴، ب)تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی SSIM=۰/۹۹.



پ)روش پیشنهادی در *(Farid, 2001)*، SSIM=۰/۹۶، ت) روش پیشنهادی در *(Shi,2007)* SSIM=۰/۸۳.

(شکل۱۵): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کمی)، نمونه ۱.



[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]



الف) تصویر ورودی SSIM=۰/۸۲، ب) تصویر بهبودیافته به روش پیشنهادی SSIM=۰/۹۹.



پ) روش پیشنهادی در (*Farid, 2001*) SSIM=۰/۹۱، ت) روش پیشنهادی در (*Shi,2007*) SSIM=۰/۶۸.

**(شکل۱۶): بهبود روشنایی تصویر بر اساس روش پیشنهادی (ارزیابی کمی)، نمونه ۲.**

## ۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش جدیدی با استفاده از اطّلاعات بافت و روشنایی نواحی تصویر جهت اصلاح محلی گاما به‌منظور بهبود روشنایی تصویر ارائه شده است. از آنجایی‌که تغییرات گاما در تصویر ممکن است به‌صورت غیرخطی انجام گرفته باشد، در این مقاله اصلاح گاما به‌صورت محلی، انجام شده است. همچنین تنها قسمت‌هایی از تصویر که نیاز به اصلاح گاما دارند، بهبود می‌یابند. همان‌طور که نشان دادیم روش پیشنهادی مشکلات روش‌های قبل را تا حدود زیادی برطرف کرده و از کارایی مناسبی برخوردار می‌باشد.

## ۷- مراجع


Aggarwal, M., Ahuja, N., 2001. High dynamic range panoramic imaging, In Proc. IEEE ICCV, vol. I, pp. 2-9.

Farid, H., 2001. Blind inverse gamma correction, in Proc, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 10, pp. 1428-1433.

FarshbafDoustar, M., Hassanpour, H. 2010. A Locally-Adaptive Approach For Image Gamma Correction, 10th International Conference on Information Sciences, Signal Processing and their Applications, pp. 73-76.

Fu, H., Ng, M., Nikolova, M., Barlow, J., 2006. Efficient minimization methods of mixed L1_L1 and L2_L1 norms for image restoration, SIAM Journal on Scientific Computing, vol. 27, pp. 1881-1902.

Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2002. Digital Image Processing. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 07458.

Money, J. H., Kang, S. H., 2008. Total variation minimizing blind deconvolution with shock filter reference. Image and Vision Comput, vol. 26, pp. 302-314.

Moroney, N., Alto, P., 2000. Local Color Correction Using Non-Linear Masking, IS & T/SID Eighth Color Imaging Confrance, pp. 108-111.

Nam, M.Y., Rhee, P.K., 2004. An efficient face recognition for variant illumination condition, in proc. ISPACS, pp. 111-115.

Pizurica, A., Philips, W., 2006. Estimating the probability of the presence of a signal of interest in multiresolution single and multiband image denoising, IEEE Trans. Image Process, pp. 654-665.

Schulte, S., Witte, V.D., Kerre, E.E., 2007. A fuzzy noise reduction method for color images, IEEE Trans. Image Process., vol. 16, pp. 1425-1436.

Shi, Y., Yang, J., Wu, R., 2007. REDUCING ILLUMINATION BASED ON NONLINEAR GAMMA CORRECTION, In Proc. ICIP, San Antonio, vol. 1, pp. 529-539.

Qi, H, Zheng, D, Zhao, J, 2008. Human visual system based adaptive digital image watermarking, Signal Processing, vol. 88, pp. 174-188.

Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., Simoncelli, E. P., 2004. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity, IEEE Transactios on Image Processing, vol. 13, no. 4, pp.600-612.





**حمید حسن پور** در سال ۱۳۸۳ تحصیلات مقطع دکتری خود را در مهندسی کامپیوتر گرایش پردازش سیگنال در دانشگاه صنعتی کوئینزلند استرالیا به اتمام رساند. ایشان مدرک کارشناسی ارشد خود را سال ۱۳۷۵ در گرایش هوش مصنوعی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر اخذ نمود و مدرک کارشناسی خود را سال ۱۳۷۲ در مهندسی کامپیوتر گرایش سخت افزار از دانشگاه علم وصنعت ایران دریافت نموده است. ایشان در حال حاضر دانشیار دانشکدهٔ مهندسی کامپیوتر و فناوری اطّلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشند و زمینه‌های تحقیقاتی ایشان پردازش سیگنال، پردازش تصویر، و داده‌کاوی می‌باشد.

نشانی رایانک ایشان عبارتست از:

**h_hassanpour@yahoo.com**



**سکینه اسدی امیری** مدرک کارشناسی ارشد خود را سال ۱۳۸۹ در مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی از دانشگاه صنعتی شاهرود، و مدرک کارشناسی خود را سال ۱۳۸۶ در رشتهٔ مهندسی کامپیوتر گرایش نرم‌افزار از دانشگاه پیام‌نور بابل اخذ نموده است. زمینه‌های تحقیقاتی ایشان پردازش تصویر، پردازش سیگنال و معماری سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد.

نشانی رایانک ایشان عبارتست از:

**asadi_amiri@yahoo.com**





[ Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-02 ]